

H15/A07 生体用高分解能テラヘルツセンサー(共同プロジェクト研究の理念と概要, 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	11
ページ	119-121
発行年	2005-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/30509

課題番号 H15/A07

生体用高分解能テラヘルツセンサー

〔1〕組織

代表者：大橋 啓之

(日本電気株式会社 基礎・環境研究所)

責任者：伊藤 弘昌

(東北大学電気通信研究所)

分担者：石原 邦彦

(日本電気株式会社 基礎・環境研究所)

四方 潤一 (東北大学電気通信研究所)

横山 弘之 (東北大学未来科学技術共同
研究センター)

上原 洋一 (東北大学電気通信研究所)

研究費：校費41万2千円，旅費42万8千円

〔2〕研究経過

癌などの検出に役立つテラヘルツ波の研究・開発は、近年ますますその重要性を増している。本プロジェクトでは、波長より小さいサイズのテラヘルツ近接場による高分解能テラヘルツセンサーを開発することを目的として、東北大学伊藤研究室が開発したテラヘルツ波光源と、NECが開発した表面プラズモンにより近接場を増強する技術とを組み合わせることによって、波長より小さい開口からの透過波および近接場のエンハンス効果とそれを用いたニアフィールドイメージングについて研究を行った。

以下、研究活動状況の概要を記す。

- ・2004/10/13-14 共同実験
- ・2004/10/25-26 共同実験
- ・2004/11/17-18 共同実験
- ・2004/11/29-30 共同実験
- ・2004/12/16-17 共同実験
- ・2004/12/24 研究打ち合わせ
- ・2005/2/1-2 共同実験
- ・2005/2/15-16 共同実験
- ・2005/2/24-25 共同実験
- ・2005/3/3-4 プロジェクト報告会
および共同実験
- ・2005/3/14-15 共同実験

〔3〕成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

A. 空間分解能の測定

まず第1に、波長以下の径の開口からの透過波に対し大幅なエンハンス効果を示すBull's eye素子(単一開口+同心円状周期溝)について近接場領域での空間分解能測定を行った。波長約 $200\mu\text{m}$ のテラヘルツ波に対し、回折限界寸法以下である約 $50\mu\text{m}$ (波長の約 $1/4$)の空間分解能が得られた。Bull's eye素子は、厚さ $60\mu\text{m}$ の金属板(SUS)の両面(または片面)に周期 $200\mu\text{m}$ の同心円状の溝を形成し、同心円の中心に直径 $100\mu\text{m}$ の円形開口を設けることで作製した(図1参照)。金属板の表面および開口の内壁には、表面プラズモンが有効に機能するようにSkin depthより十分厚い膜厚のAu(約 $1\mu\text{m}$)を成膜した。

作製したBull's eye素子の透過波エンハンス特性を図1に示す。測定はテラヘルツ波パラメトリック発振器(TPO)によって行い、波長 $160\sim 250\mu\text{m}$ (約 $1.9\sim 1.2\text{THz}$)の範囲で透過スペクトルを測定した。素子の周期溝は両面に形成され、リング(溝)の数は10である。図中には、参照用に単一開口のみの透過スペクトルも示す。Bull's eye素子の場合、周期に近い波長(約 $200\mu\text{m}$)において透過波が最大値を示し、単一開口の場合よりも大幅な透過光の増大が得られていることがわかる。すなわち、波長以下の径の微小開口に周期構造を配置することによって、大幅な透過エンハンス効果が得られることがわかる。このようなエンハンス効果は、周期構造によって表面プラズモンが励起され、開口近傍に強い近接場が形成されさらに透過光も増大されたことによると考えられる。

次に、Bull's eye素子に対して近接場領域での空間分解能測定を行った。測定は、Bull's eye素子の出射側開口の近傍において、テラヘルツ領域で透明な樹脂基板の上に成膜した金属薄膜(Cr膜、厚さ 300nm)の直線エッジ部分をスキャンすることによって行った。図2に結果を示す。素子の周期溝は入射側のみに配置した。リング数は10である。金属薄膜とBull's eyeとの間隔は約 $15\mu\text{m}$ とした。金属薄膜によりBull's eyeの開口部分を徐々に遮蔽すると、金属薄膜の位置に対し透過光は直線的に

減少する。測定された空間分解能は、透過光の10%-90%で定義した場合、約 $50\mu\text{m}$ であった。波長の約1/4という微小な空間分解能が得られた。

B. テラヘルツ近接場イメージング

第2に、Bull's eye素子を実際に2次元イメージングへ適用した。その結果、波長以下の幅の金属ラインパターンを用いた実験において、良好な近接場イメージング像が得られることが確認された。実験に用いたイメージング用の試料は、テラヘルツ用透明樹脂基板上に作製したL字型の金属ラインパターン（幅 $70\mu\text{m}$ 、膜厚 300nm 、Cr、図3(a)参照）である。

この金属パターンを波長 $200\mu\text{m}$ で通常のTHzイメージングで測定した結果を図3(b)に示す。通常のテラヘルツイメージングは透過波（ファーフィールド）による測定となるため、原理的に回折限界によって波長以下のパターンをイメージングすることはできない。このため、図3(b)から判るように、明確なラインイメージは得られない。これに対し、Bull's eye素子を用いて金属ラインパターンを近接場（ニアフィールド）イメージングした結果を図3(c)に示す。金属パターンの試料とBull's eye素子との間隔は約 $15\mu\text{m}$ 、また用いたテラヘルツ波の波長は $205\mu\text{m}$ である。図3(c)の左側は、L字型パターンの全体像を $20\mu\text{m}$ ステップで2次元スキャンした結果を示す。図3(c)の右側は、拡大したライン部を $6\mu\text{m}$ ステップで2次元スキャンした結果を示す。通常のテラヘルツイメージングでは得られなかった金属パターンのイメージング像が、Bull's eye素子を用いた近接場イメージングによって、高コントラストで明瞭なパターンとして画像化されたことが確認できる。また、波長 $205\mu\text{m}$ の約1/3である $70\mu\text{m}$ 幅-金属ラインが明確にイメージングできることがわかった。

（3-2）波及効果と発展性など

本プロジェクトでは、表面プラズモン共鳴による金属微小開口からのテラヘルツ波透過波および近接場増強効果を確認し、さらに回折限界以下のニアフィールドイメージング像が得られることを明らかにし、生体関連試料の高空間分解能センシングが期待されることから、平成17年度においても引き続きプロジェクトが継続され、高分解能テラヘルツセンサーの実現が期待される。

[4] 成果資料

- (1) 石原, 碓, 南出, 四方, 大橋, 伊藤
「表面プラズモンエンハンス効果を用いたテラヘルツニアフィールドイメージング」
第52回応用物理学関係連合講演会31p-W-10
(2005) .

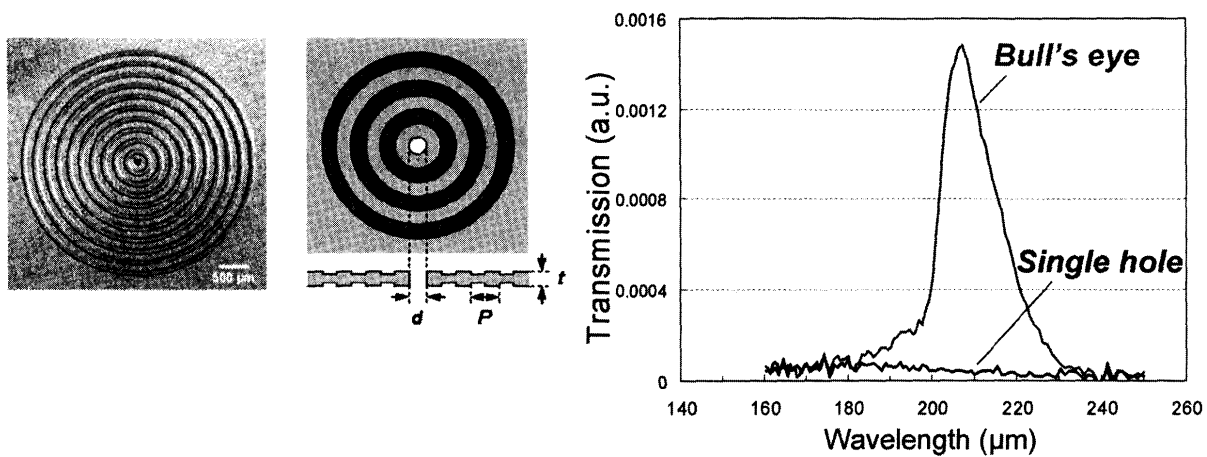


図 1. Bull's eye素子の写真、モデル図および透過スペクトル特性

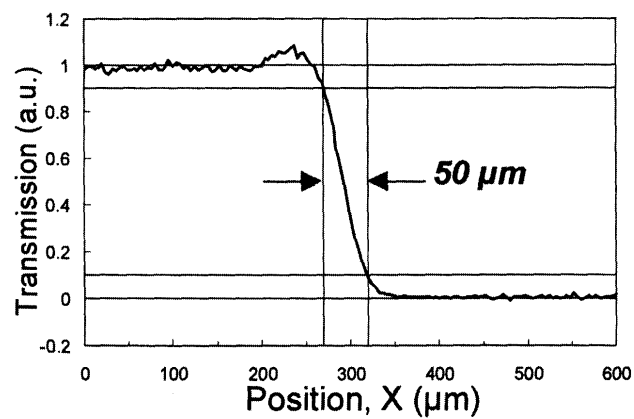


図 2. 空間分解能測定結果

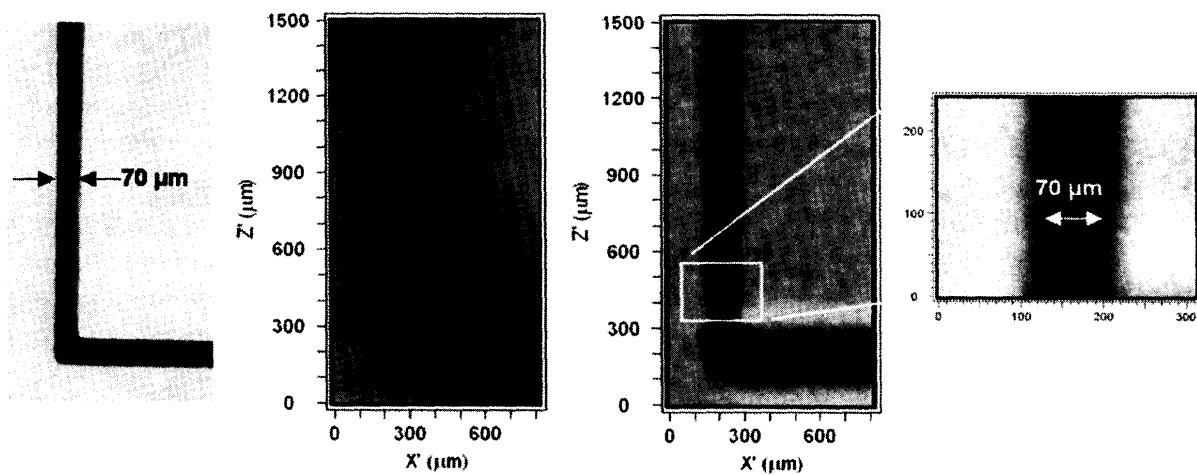


図 3. (a) 金属パターン写真, (b) 従来THzイメージング像, (c) THzニアフィールドイメージング像